

1. Laske tasaisesti liikkuvan varauksen  $\vec{E}$  ja  $\vec{B}$  kentät tarkkuuteen  $(v/c)^1$ . Laske näihin liittyvät energia  $E_{em}$  ja liikemäärä  $\vec{P}_{em}$ . Osoita, että molemmat divergoivat pistemäisen varauksen rajalla. Osoita, että

$$\vec{P}_{em} = \frac{4}{3} \frac{E_{em}^0}{c^2} \vec{v},$$

missä  $E_{em}^0$  on lepoenergia. Huom: suhteellisuusteoreettisille hiukkasille johdettiin

$$\vec{P} = \frac{E^0}{c^2} \vec{v},$$

joten päättelemme, että elektronin energia ja liikemäärä eivät voi muodostua pelkästään sähkömagneettisesta osuudesta.

2. Johda luennolla esitetyt lausekkeet säteilykentän  $\vec{E}$ :lle,  $\vec{B}$ :lle,  $\vec{S}$ :lle,  $dU/dt$ :lle ja säteilyn kulmajakautumalle.
3. Tutki miten sähkömagneettinen aalto siroaa harmonisessa potentiaalissa ominaistaajuus  $\omega_0$  olevassa elektronista. Perustele miksi magneettinen voima on pieni rajalla  $v \ll c$ . Johda, että sirontavaikutusala on

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\omega^4}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\gamma\omega)^2},$$

missä  $\sigma_0$  on Thomsonin sirontavaikutusala ja  $\omega$  on aallon kulmataajuus.

4. Tarkista, että luennolla esitetty kaavan

$$H = 2\epsilon_0 \sum_{\vec{k}} \sum_{\alpha} c^2 k^2 c_{\vec{k},\alpha}^* c_{\vec{k},\alpha}$$

johto on oikein.